

AVALIAÇÃO DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE BRILHO SOLAR E SUA RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS EM BELÉM/PA: PERSPECTIVA DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO

Viviane Andrade Portilho – viviportilho@gmail.com

Prysla Pereira de Souza Cardoso – prysla.cardoso@gmail.com

Lindemberg Lima Fernandes - lberge@ufpa.br

Junior Hiroyuki Ishihara – jhi@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental

Resumo. O presente artigo apresenta as séries históricas de brilho solar em Belém/PA no período de 1980-2007. Além disso, faz uma relação entre brilho solar com as variáveis climatológicas (precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e temperatura) e com os fenômenos naturais La Niña e El Niño. Objetivando responder as flutuações observadas ao longo da série, bem como as variáveis que mais interferem nas condições de insolação. Para isso, foram realizadas coletas na Estação da EMBRAPA Amazônia Oriental, localizada nas coordenadas: latitude $01^{\circ} 28'$ (s), longitude $48^{\circ} 27'$ WGr e altitude de 12 metros, além de um levantamento bibliográfico sobre as temáticas climatológicas de Belém e dos fenômenos naturais, bem como seus anos de ocorrência. Dos resultados, conclui-se que a precipitação pluviométrica e a umidade relativa do ar são as variáveis que mais interferem no regime de insolação. No período úmido de Belém, o mês de fevereiro apresenta os menores valores de insolação (107,7 h). No seco, o mês de agosto mostra os maiores valores de brilho solar (268,4 h). A insolação flutuou em torno da média total anual de 2.360 h, com mínimas de 2.071,8 h e máximas de 2.686,6 h. Isso para uma insolação média mensal diária de 6,44 h com máxima no mês de agosto (8,5 horas) e mínima no mês de fevereiro (3,82 horas). Nos anos em que o El Niño foi de forte intensidade, a insolação atingiu, em sua maioria, valores elevados comparados à média total anual. Nos anos em que a La Niña apresentou forte intensidade, observou-se que a precipitação total anual alcançou, em sua maioria, valores muito superiores aos da média anual, o que contribuiu para a redução considerável de insolação. Apesar da sazonalidade climática em Belém, a Radiação Solar se constitui em uma boa alternativa para o aproveitamento energético na cidade. Tendo uma radiação média mensal observada para 1987 de 4,97 kWh/m².

Palavras-chave: Belém/PA, Série histórica, Brilho Solar, Aproveitamento energético

1. INTRODUÇÃO

A Terra se movimenta em um plano fixo ao redor do Sol e a sua órbita é uma elipse, onde o Sol está situado em um ponto conhecido como foco. O plano fixo que contém a órbita da Terra é denominado plano *eclíptico* e, embora essa órbita seja elíptica, ela se apresenta muito próxima da geometria circular devido ao valor da excentricidade estimado em 0,0167. É por causa do movimento de translação da Terra e da sua inclinação do eixo de rotação ($23,45^{\circ}$ com relação ao plano Equatorial) em relação à linha perpendicular do plano eclíptico, que existem as estações do ano. Sendo assim, a partir da análise dos movimentos de translação e rotação da Terra, pode-se concluir que um plano recebe os raios do Sol com ângulos de incidência diferentes, segundo a hora do dia e a época do ano, e que estes se modificam com a orientação e a inclinação do plano (Guimarães, 2003).

Dessa forma, estudos revelam que o Sol fornece anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh para a atmosfera terrestre. Esse valor corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial de energia durante o ano, o que demonstra o seu enorme potencial energético. Dessa maneira, a radiação solar pode ser vista como uma fonte que, por meio de sistemas de captação e conversão em outras fontes de energia, se constitui em um enorme potencial de utilização (Cresesb, 2010).

Assim, pode-se dizer que a energia solar é a radiação que vem do Sol e que chega à Terra nas formas térmica e luminosa que, como comentado, é capaz de atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo. Esta radiação depende da latitude, da estação do ano e das condições atmosféricas (nebulosidade e umidade relativa do ar). Que, ao passar pela atmosfera terrestre, manifesta-se sob a forma de luz visível, de raios infravermelhos e de raios ultravioleta. Sendo possível sua captação e transformação em alguma forma de energia utilizada pelo homem como a térmica ou elétrica. No entanto, os equipamentos utilizados nessa captação poderão determinar o tipo de energia a ser obtida (Aneel, 2005).

Em outras palavras, pode-se dizer que a Terra recebe do Sol a energia equivalente a todas as reservas do planeta de carvão, petróleo e gás natural - fontes de energia fóssil (Taioli, 2009). Sob a luz desse pensamento, afirma-se que é a partir da energia solar que se dá a evaporação que impulsiona o ciclo hidrológico. Este ciclo, por sua vez, permite a geração de energia elétrica, a partir do represamento de um rio. Além disso, a radiação solar induz a circulação atmosférica em escala global, gerando os ventos. Indo mais além, vale destacar que o petróleo, carvão e o gás natural foram concebidos a partir de resíduos de vegetais e animais que obtiveram a energia da radiação solar para seu desenvolvimento, portanto, o Sol é responsável pela origem de quase todas as fontes de energia (Cresesb, 2010).

Em termos de classificação, a energia solar está incluída no grupo de “outras fontes” e é considerada como fonte renovável, portanto, correta do ponto de vista ambiental, salvo algumas restrições, pois a tecnologia utilizada para a captação dessa energia pode causar alguns impactos ao ambiente quando implantada em áreas extensas, o que pode impedir a passagem dos raios para o solo e, conseqüentemente, sua absorção.

A participação da energia solar é pouco expressiva na matriz mundial. No entanto, ainda assim, aumentou mais de 2.000% entre 1996 e 2006 (Aneel, 2008).

Isso por que, desde o fim do século XX, passou-se a dar mais destaque à utilização das energias renováveis devido, principalmente, às questões ambientais referentes às mudanças climáticas e seus efeitos sobre os seres humanos.

Nos últimos anos, tem-se presenciado a ocorrência de crises/apagões, o que demonstra que não existe certeza absoluta quanto ao abastecimento de energia elétrica e que novas crises podem ocorrer (Varella et al, 2008; Prado Jr et al, 2008).

Dessa forma, por se tratar de uma tecnologia considerada limpa e de reduzido impacto ambiental, a energia solar tem despertado interesse em vários países do mundo. No Brasil, já se tem iniciativas envolvendo sistemas fotovoltaicos para abastecimento elétrico nas zonas rurais, onde há uma grande dispersão dos usuários, dificuldades de acesso e um baixo consumo de energia local. Entre elas, tem-se: Programa Luz Solar (Minas Gerais), Programa Luz do Sol (Região Nordeste) e Programa Luz no Campo (dimensão nacional) (Varella et al, 2008).

A energia proveniente do aproveitamento da incidência dos raios solares na superfície da Terra pode ser usada para o aquecimento da água ou de ambientes por meio dos chamados coletores solares, que aquecem os fluidos e os mantêm aquecidos em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final. Estes são, atualmente, muito usados para aquecimento de água em residências, hospitais, hotéis, dentre outros, isso dado o conforto proporcionado e a redução do consumo de energia elétrica.

No entanto, a implantação dessa energia está intrinsecamente ligada à descentralização, à iniciativa individual ou de comunidades locais, à ocupação do território, ao desenvolvimento regional, à criação de empregos, à abertura da economia pela multiplicação das iniciativas e das oportunidades, à integração do homem a seu meio ambiente natural e ao ecodesenvolvimento. Sendo assim, sua expansão dependerá da prioridade da sociedade e da mesma em acordar para estes temas (Brito, 1990).

Segundo Guimarães (2003), o aproveitamento da energia de forma compatível com os recursos disponíveis e com o objetivo social de proteção ao meio ambiente só é possível com a produção de instalações bem dimensionadas e viáveis e, isso só é válido, com informações solarimétricas consistentes da região. No entanto, essas informações, no Brasil, poucas vezes estão disponíveis de forma direta, já que há inviabilidade na instalação e manutenção de instrumentos que são destinados a esse fim.

Ainda segundo a autora, existem duas formas de estimar os dados da irradiação solar incidente na superfície da Terra, que estão baseadas em medidas meteorológicas disponíveis no país. A primeira forma de se estimar consiste em modelos desenvolvidos a partir de dados que são obtidos em estações terrestres e a segunda está relacionada à utilização de dados de imagens de satélites meteorológicos.

Segundo Aguiar (1996 apud Guimarães, 2003), dos parâmetros meteorológicos que se correlacionam com a irradiação solar incidente na superfície terrestre, a nebulosidade e o número de horas de insolação são especialmente importantes, apesar de a fração do número de horas de insolação que chega à superfície estar melhor relacionada com a irradiação incidente em médias mensais. Dessa forma, devido à escala de medição de insolação ser quantitativa, é mais apropriado estimar a irradiação solar por meio da mesma do que usar a nebulosidade para este fim.

De acordo com Dal Pai (2009), a medida de horas de Brilho Solar é uma medida indireta da Radiação Solar Global e uma das mais antigas, enquanto que a base de dados de Radiação Solar Global medida em piranômetros é mais recente. O monitoramento do Brilho Solar é realizado por meio de heliógrafo que, ao concentrar os raios solares em um ponto, queima o papel localizado no foco dos raios convergentes. Ao final do dia, esse papel é recolhido e um funcionário habilitado conta o número de horas queimadas no papel. No entanto, Dal Pai (2009) afirma que, como a coleta e o processamento das informações são realizados de forma manual, ocorrem interpretações subjetivas, devido à falta de treinamento ou das rotinas de coletas diferenciadas por observadores distintos. Assim, tais observações podem induzir a uma sistemática de erros, afetando diretamente a formação de uma base de dados de qualidade, ficando a cargo de cada unidade de medição os critérios de interpretação e coleta, o que gera resultados inconsistentes devido à falta de padronização no processo de coleta.

No entanto, grande é a importância do Brilho Solar para estimativas do potencial da radiação local e, portanto, para perspectiva do aproveitamento energético dessa radiação. Vários são os trabalhos que relacionam Brilho Solar com Radiação Solar Global local: Teixeira, 1999 (Petrolina-PE); Tiba, 2002 (Nordeste); Teixeira, 2002 (Juazeiro-BA); Santos, 2003 (Ilha Solteira-SP); Conceição e Mandelli, 2006 (Bento Gonçalves-RS); Donelas et al, 2006 (Brasília-DF); dentre outros.

Para estimar o fluxo de radiação solar na superfície, os modelos utilizam parametrizações que simulam os processos físicos na atmosfera, por meio de dados coletados em superfície ou por satélites que permitem inferir as propriedades óticas da atmosfera. Esses modelos são classificados em estatísticos e físicos, sendo que os “modelos estatísticos utilizam formulações empíricas entre medidas de radiação incidente na superfície e condições atmosféricas locais”, com validade restrita à região estudada. Os “modelos físicos são válidos para qualquer região uma vez que solucionam a equação de transferência radiativa que descreve matematicamente os processos físicos que ocorrem na atmosfera” (Pereira et al., 2006 p. 14).

Um modelo clássico utilizado para estimar a radiação solar, quando se dispõe de informações simultâneas da Radiação Solar e horas de brilho de sol, é a regressão do índice de claridade com horas de brilho de sol relativo, conhecida como regressão de Angstrom-Prescott (Tiba, 2002), Eq. (1). Sendo necessário determinar os coeficientes “a” e “b” para obter “Rs” local.

$$R_s = R_a (a + b \cdot n/N) \quad (1)$$

Em que “Rs” é a radiação solar incidente ($W \cdot m^{-2}$), “Ra” a radiação incidente no topo da atmosfera ($W \cdot m^{-2}$), “n” o número de horas diárias de brilho solar (h), “N” o número máximo possível de horas de sol diárias (h) e “a” e “b” são coeficientes da equação de regressão linear.

Dada a importância da relação entre Brilho Solar e a Radiação Solar, a divulgação das horas de insolação é fundamental para estimar o potencial energético local.

Costa et al. (1992), realizaram um estudo da variabilidade horária do brilho solar em Belém, onde mostrou que os valores máximos ocorreram para o trimestre julho-agosto-setembro, sendo de aproximadamente 80% do total máximo possível. O trimestre janeiro-fevereiro-março foi o de menor brilho solar, totalizando 56% do máximo brilho possível. No entanto, em seu estudo não justificou a variação sazonal. Cardoso e Portilho (2009) mostraram a relação entre precipitação e umidade relativa do ar ocorrida em Belém por meio das médias mensais, onde constataram um elevado índice pluviométrico nos meses de dezembro/janeiro-maio com uma alta umidade relativa do ar, o que indica uma forte relação entre variabilidade sazonal de Brilho Solar encontrado por Costa et al. (1992) com a variabilidade pluviométrica e a umidade do ar de Belém.

Dessa forma, o presente estudo propõe relacionar o Brilho Solar com as precipitações pluviométricas (dada sua forte característica na região), umidade relativa do ar (devido seu alto índice) e com a temperatura (por estarem associadas à radiação incidente).

Nesse sentido, buscou-se apresentar o comportamento climático da região e sua interferência no potencial de incidência solar, bem como as interposições do El Niño e La Niña sobre a insolação local.

Os fenômenos El Niño e La Niña compõem um sistema de grande escala que altera significativamente as condições climáticas, pois se manifesta em todas as variáveis meteorológicas. Por esse motivo, os mesmos têm sido alvo de estudos para verificar a alteração das condições climáticas em certas regiões.

Dada a importância do El Niño e da La Niña, pesquisadores têm destacado, em seus trabalhos, a interferência desses eventos climáticos sobre as precipitações pluviométricas e insolação, a destacar Anjos (2002) que estudou os episódios do El Niño de 1997/98 e La Niña de 1998/99 sobre a precipitação e insolação na cidade de Teresina; Custódio et al (2006), que destacaram a climatologia da insolação decenal e mensal no Rio Grande do Sul, bem como as anomalias de insolação provocadas por El Niño e La Niña; Em Belém, Mota et al (1998) realizaram uma avaliação estatística da precipitação coletada no ano de 1987 (ano de El Niño) em comparação com 100 anos de dados de precipitação da cidade, para determinação das características das estações “seca” e “chuvosa” a fim de verificar a variação espacial da precipitação pluviométrica em ano de El Niño.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as séries históricas de brilho solar e identificar sua relação com as variáveis climatológicas local e global com perspectiva para o aproveitamento energético em Belém-PA. Utilizando dados climatológicos coletados na estação terrestre da EMBRAPA Amazônia Oriental, com as seguintes coordenadas: latitude $01^{\circ} 28' (s)$; longitude $48^{\circ} 27' WGr$ e altitude de 12 metros.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as séries históricas de brilho solar (BS) e relacioná-las com as variáveis climatológicas (precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar) de Belém com perspectiva para o aproveitamento energético.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o brilho solar total anual, mensal, diário e diário mensal;
- Relacionar brilho solar com as variáveis climatológicas (precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar) por meio das totais anuais e/ou mensais;
- Observar o comportamento climático ao longo da série histórica no período de 1980-2007 e sua relação com os fenômenos naturais (El Niño e La Niña).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

Belém é a capital do Estado do Pará com área de 50.582,30 ha, sendo a porção continental correspondente a 17.378,63 ha ou 34,36% da área total, e a porção insular composta por 39 ilhas, que correspondem a 33.203,67 ha. Localiza-se na embocadura de um braço do delta Amazônico, na Baía do Guajará e está situada próxima a linha do equador ($1^{\circ}27'20''$ de latitude sul e $48^{\circ}30'15''$ de longitude a oeste de Greenwich), o que justifica as suas altas temperaturas.

O clima da cidade é do tipo tropical úmido e suas principais características climáticas, em termos médios anuais, são: temperatura do ar a $26,7^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar a 84% e precipitação pluviométrica a 3.001 mm. Ocorrem, na maioria das vezes, dois períodos climáticos, um chuvoso (dezembro/janeiro a maio) e outro de estiagem (junho a novembro/dezembro) e um pequeno déficit hídrico (Bastos et al., 2002).

A topografia de Belém é pouco variável e baixa, porém, na região urbana, existem grandes áreas que estão abaixo do nível do mar. O relevo da cidade é plano com pequenas ondulações que, partindo do ponto mais elevado, tornam-se mais curtas próximas ao rio. Possui como característica forte suas chuvas abundantes.

3.2 Coleta dos dados

Os dados meteorológicos utilizados na presente pesquisa foram coletados na estação climatológica da EMBRAPA Amazônia Oriental, localizada nas seguintes coordenadas: latitude $01^{\circ}28'$ (s); longitude $48^{\circ}27'$ WGr e altitude de 12 metros.

Tais dados estão disponibilizados na forma de Boletins Agrometeorológicos e Anuários Climatológicos com valores diários e mensais de temperatura do ar, umidade relativa, precipitação pluviométrica e horas de insolação.

Os procedimentos realizados para coleta e análise dos dados na estação terrestre, basearam-se nos métodos adotados pela Organização Mundial de Meteorologia.

Os dados meteorológicos foram obtidos diariamente através de leitura de aparelhos às 9:00, 15:00 e 21:00 horas. As horas de insolação foram obtidas em heliógrafos tipo Campbell Stokes cuja troca do heliograma foi realizada diariamente às 21:00 h. O total diário de horas de insolação foi obtido pela computação de heliogramas.

A temperatura média em graus centígrados ($^{\circ}\text{C}$) do ar foi estimada conforme a Eq. (2). Sendo T a temperatura média do ar, T_9 e T_{21} as temperaturas lidas, respectivamente, às 9:00 h e 21:00 h em termômetro de bulbo seco. T_X é a temperatura máxima dentro do intervalo de 24 horas, fornecida pelo termômetro de máxima. T_n é a temperatura mínima dentro do intervalo de 24 horas, fornecida pelo termômetro de mínima, cujo elemento sensível é o álcool.

$$T = (T_9 + 2.T_{21} + T_X + T_n)/5 \quad (2)$$

A umidade relativa do ar, expressa em porcentagem, foi estimada a partir de leituras fornecidas de Psicrometro e de uma Tabela Psicrométrica e aplicada na Eq. (3). Onde, UR é a umidade média, UR_9 , UR_{15} e UR_{21} são, respectivamente, umidades do ar obtidas às 9:00, 15:00 e 21:00 horas.

$$UR = (UR_9 + UR_{15} + 2.UR_{21})/4 \quad (3)$$

A precipitação pluviométrica, expressa em milímetros, foi obtida em pluviômetro do tipo Ville Paris, onde se considerou que a precipitação total de um dia corresponde a somatória das observações das 15 e 21 horas do dia anterior, acrescida da observação das 9:00 horas do dia em questão.

Para a Radiação Solar Global, não consta nos Anuários e Boletins Agrometeorológicos o aparelho utilizado para medida da mesma. A radiação está disponibilizada de janeiro de 1983 a dezembro de 1987 em ly/dia (langleys/dia), sendo que $1 \text{ ly/dia} = \text{cal/cm}^2 \cdot \text{dia} = 11,63 \text{ Wh/m}^2 = 0,4846 \text{ W/m}^2$.

Nos anos 2000 e 2001 não houve medida da temperatura e da umidade relativa do ar, ambas foram estimadas por meio da média dos anos de 1987 a 1999, pelo Laboratório de Climatologia da EMBRAPA Amazônia Oriental.

Além do levantamento das variáveis climatológicas, foi realizada consultas bibliográficas sobre a temática climatológica de Belém, assim como sobre os fenômenos El Niño e La Niña e os anos de sua ocorrência dentro do período de 1980 a 2007 a fim de avaliar sua possível relação na interferência do Brilho Solar ao longo do período proposto pelo presente estudo.

4. RESULTADOS

Os resultados se configuram de modo a apresentar as séries históricas de Belém mediante a análise das mesmas. A proposta de relacionar o brilho solar com a precipitação pluviométrica está no fato da cidade ter, como característica peculiar, suas constantes e abundantes chuvas. Normalmente, chove entre as 14:00 h e 16:00 h durante o ano todo, mas logo depois das chuvas intensas de 15 a 20 minutos, em média, vem o sol com seu brilho intenso.

De acordo com Nechet (1997, apud Bastos et. al., 2002) a cidade de Belém se caracteriza ainda por apresentar temperaturas sempre altas, forte convecção, ar instável e alta umidade do ar, favorecendo a formação de nuvens convectivas que dão origem a uma grande incidência de precipitação na forma de pancadas, principalmente à tarde. As temperaturas altas (em torno da Mínima de 22,9 °C e Máxima de 31,8 °C) estão associadas ao elevado potencial de radiação solar incidente, no entanto, grande parte da energia é convertida em calor latente de evaporação e outra parte convertida em calor sensível que é destinado ao aquecimento do ar.

No Brasil, a variabilidade das chuvas é justificada pela atuação e sazonalidade dos sistemas convectivos de macro e mesoescala e principalmente pela frente polar atlântica. O que explica os regimes pluviométricos diversificados e as chuvas abundantes e relativamente permanentes em Belém (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

O comportamento das variáveis climáticas na região se dá conforme apresentado na Fig. 1, com as seguintes médias mensais dentro do período estudado: 26,6°C (temperatura), 84% (umidade relativa do ar), 251,3 mm (precipitação pluviométrica) e 196,7 horas (brilho solar). Além disso, observa-se baixa variação da temperatura, apesar da alta incidência solar, isso devido à alta umidade do ar, que chega a ser cerca de 90% nos meses que mais chove (dezembro/janeiro a maio). Outro comportamento a se destacar, é a forte relação existente entre a ocorrência de chuva e o brilho solar ao longo dos meses do ano.

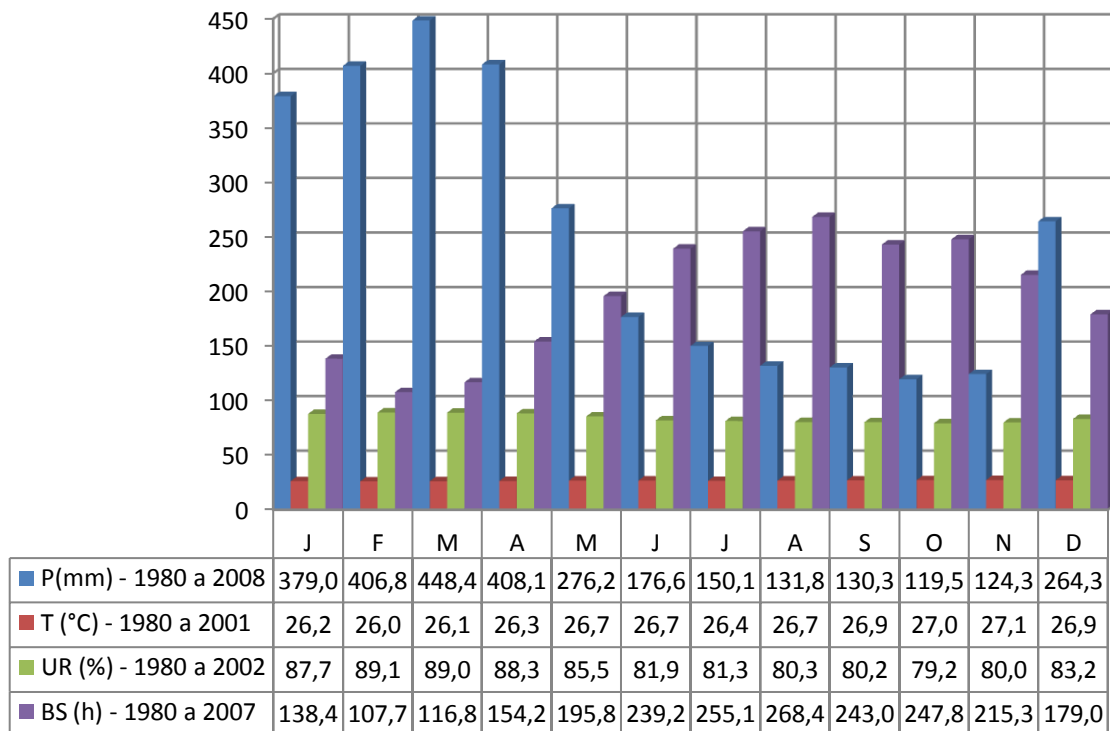


Figura 1 – As variáveis climatológicas, comportamento climatológico e as médias mensais.

P (Precipitação pluviométrica - milímetros); T (Temperatura - graus Celsius);

UR (Umidade relativa - porcentagem); BS (brilho solar - horas).

Dessa maneira, observa-se que a Precipitação Pluviométrica, é a variável que mais interfere no regime de insolação ao longo dos anos em estudo, juntamente com a umidade relativa do ar, que chega a ser, como já comentado, bem maior nos meses em que mais chove. Cabendo, portanto, definir melhor os períodos de maior e menor ocorrência de chuva na região. Sendo assim, por meio da média móvel, tomada a cada três meses (Fig. 2), verifica-se que Belém apresenta dois períodos bem definidos: um chuvoso (dezembro/janeiro a maio) e outro menos chuvoso (junho a novembro/dezembro). Onde se observa que existe um período menos chuvoso, que precipita abaixo da média (Período Seco) e outro período mais chuvoso, que precipita acima da média (Período Úmido).

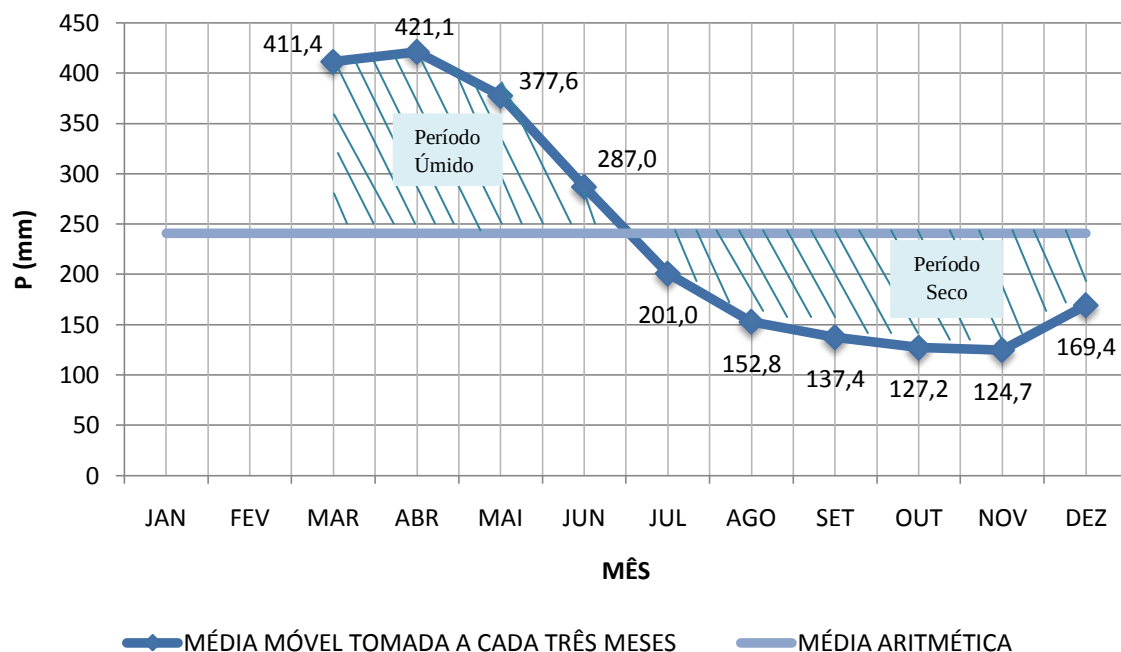


Figura 2 – Média móvel de precipitações pluviométricas (1980-2008), definição de dois períodos, um seco (chuva abaixo da média) e um úmido (chuva acima da média), em Belém.

Dada a baixa latitude de Belém, o fotoperíodo, que é a duração do dia astronômico e que corresponde ao número máximo possível de horas de insolação ou brilho solar, na ausência de nuvens, é em torno de 12 horas. No entanto, a concentração de nuvens durante o período chuvoso de Belém reduz o potencial de horas de insolação durante o dia (Bastos et. al., 2002).

Dessa forma, verificou-se que no período mais chuvoso, onde a altura de chuva média por mês é de 363,8 mm, a média mensal de brilho solar é de 148,7 horas. Já no período de menor ocorrência de chuva, as precipitações pluviométricas médias mensais são de 138,8 mm, enquanto que as horas de insolação já passam a ser de 244,8 horas. As menores horas de brilho solar observadas no Período Úmido (maiores ocorrências de chuvas e alta umidade do ar) foram de 107,7 horas ocorrida no mês de fevereiro, já as maiores horas de brilho solar no Período Seco (menores ocorrências de chuvas e menor umidade de ar), foram de 268,4 horas ocorridas no mês de agosto, Fig. 3.

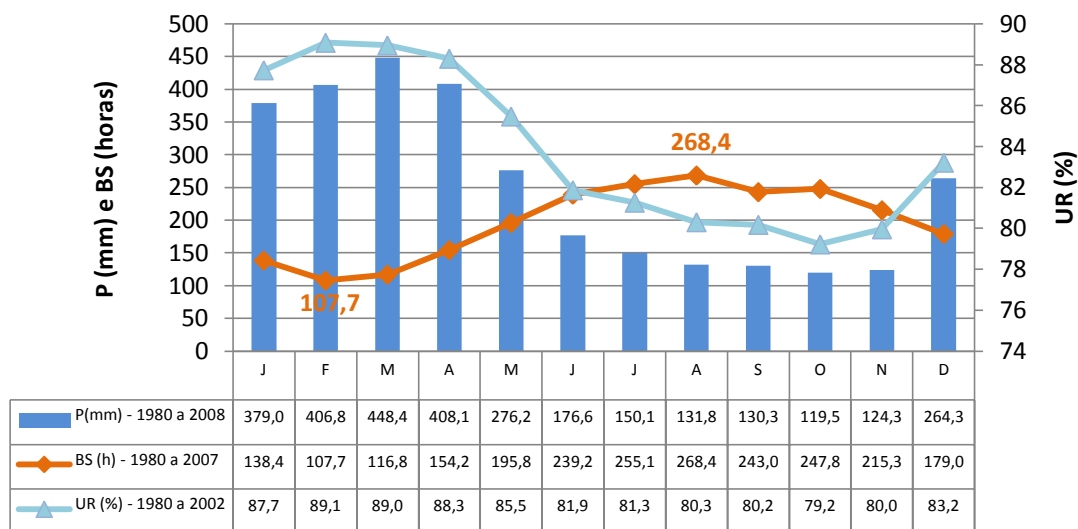


Figura 3 – Relação entre as variáveis climatológicas em Belém, precipitação pluviométrica (P) e umidade relativa do ar (UR) com o brilho solar (BS). Maior e menor insolação mensal.

Ao observar o comportamento do Brilho Solar ano a ano, ao longo do período de estudo, verifica-se que o mesmo varia bastante em torno da média anual de 2.360 horas, durante a série de observação. A maior insolação de 2.686,6 horas ocorreu no ano de 2000. A menor insolação, de 2.071,8 horas, ocorreu no ano de 1983 (Fig. 4).

Para ser compreendido melhor o que esses números significam, basta comparar a insolação do ano de 1996 de 2.375,9 horas com a Capital do Amazonas, Manaus, e com a média da maioria das capitais brasileiras que, segundo Silva et al. (1997), foram, respectivamente de 1541,8 horas e 2.170 horas, portanto Belém teve maior insolação que Manaus e esteve acima da média de insolação total da maioria das cidades brasileiras. Sabe-se que as horas de insolação estão diretamente relacionadas ao potencial solar de uma região.

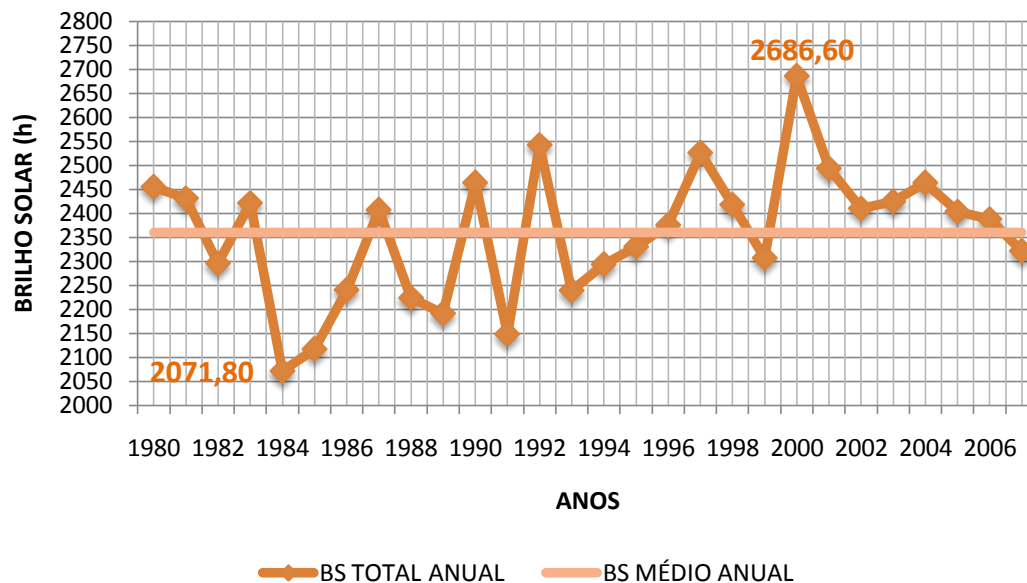


Figura 4 – Brilho Solar (BS) total ao longo do período de 1980 a 2007 e média total anual.

Como comentado, o número máximo possível de horas de sol diárias em Belém é de 12 horas, no entanto, as horas de brilho solar tornam-se bastante inferiores nos meses em que mais precipita em Belém, devido os fatores já discutidos (as abundantes chuvas de Belém aliadas às nuvens convectivas, à instabilidade e à alta umidade relativa do ar, que favorecem a origem da grande incidência de precipitação na forma de pancadas), além da frequente formação de nuvens do tipo cumulonimbus sobre Belém, que propicia a ocorrência de vários tipos de trovoadas (Nechet, 1997 apud Bastos, 2002). Esses fatos influenciam na razão de insolação (n/N), que corresponde ao número de horas diárias de brilho solar em relação ao número máximo possível de horas de sol diárias, determinando a variação da radiação solar que atinge o plano horizontal da Terra em relação à que atinge o topo da atmosfera (R_s/R_a), determinados por Angstrom-Prescott,

O valor médio de horas de insolação mensal diária flutuou em torno da média de 6,44 horas. As médias diárias mensais podem ser observadas na Fig. 5, bem como seu comportamento ao longo do ano. A menor média diária (3,82 horas), como já prevista, ocorre no mês de fevereiro e a maior no mês de agosto com 8,5 horas diárias mensais. O que implica em razões de insolação com os valores médios diários mensais extremos iguais a 0,34 (fevereiro) e 0,71 (agosto).

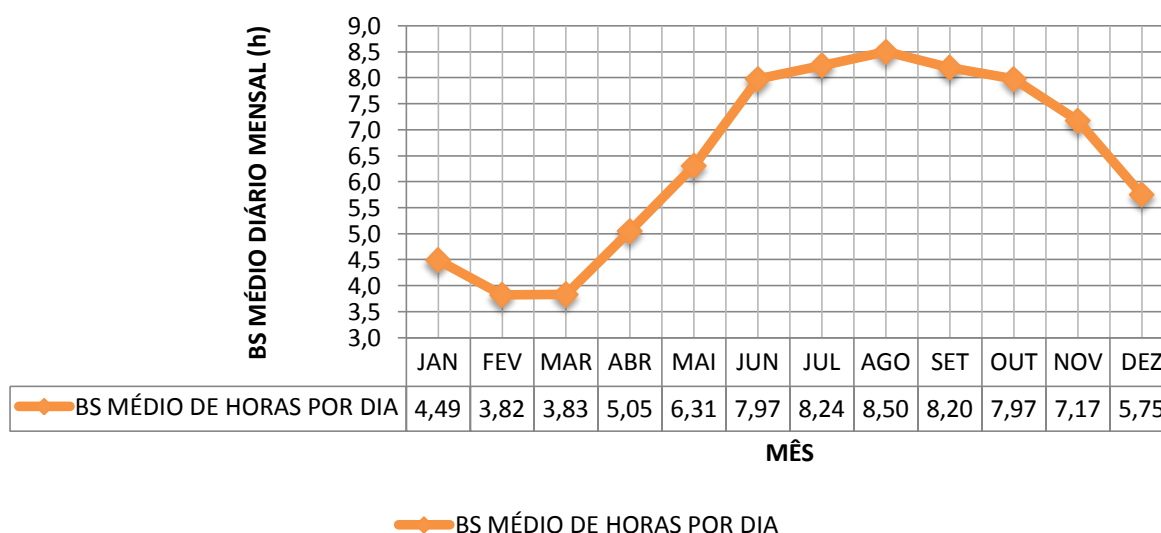


Figura 5 – Brilho Solar diário mensal observado no período de 1980-2007.

Em termos de Radiação Solar Global, verificou-se que para o ano de 1987 a maior Radiação média mensal atingiu em torno de 500 ly/dia (242 W/m^2 ou $5,8 \text{ kWh/m}^2$), nos meses de julho a outubro, e as menores abaixo de 442,8 ly/dia (214 W/m^2 ou $5,13 \text{ kWh/m}^2$), sendo a média de 426,4 ly/dia (207 W/m^2 ou $4,97 \text{ kWh/m}^2$), Fig. 6.

Apesar da sazonalidade climática de Belém, a Radiação Solar se constitui em uma boa alternativa para o aproveitamento energético na cidade.

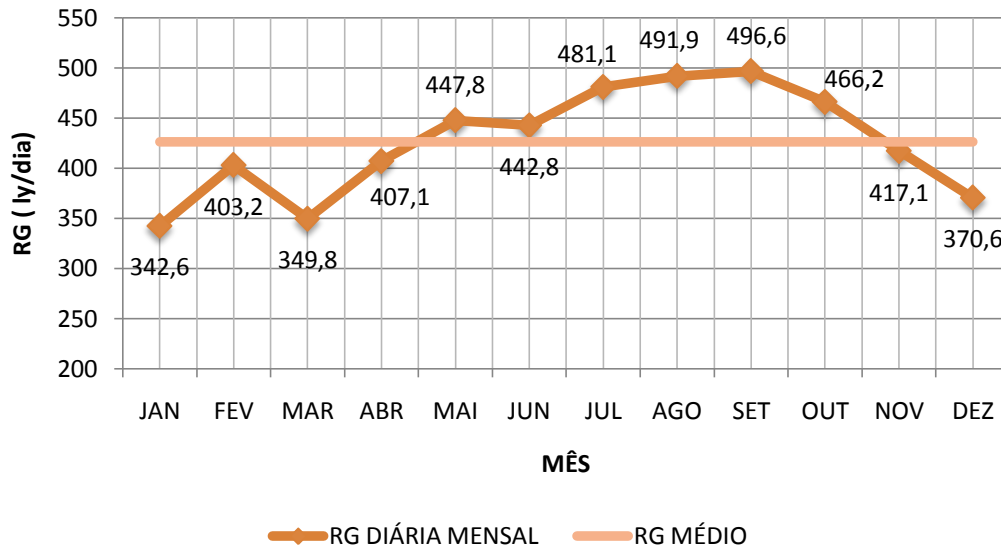


Figura 6 – Radiação Solar Global (RG) de Belém observada no ano de 1987.

Durante o período de estudo (1980 a 2007), observou-se que o Brilho Solar variou bastante no decorrer da série histórica de observação. Dessa forma, ao se buscar uma explicação para as flutuações das insolações totais anuais, fez-se uma relação entre o Brilho Solar com as precipitações pluviométricas e o comportamento de ambas variáveis (Brilho Solar x Precipitação Pluviométrica) com os fenômenos El Niño e La Niña.

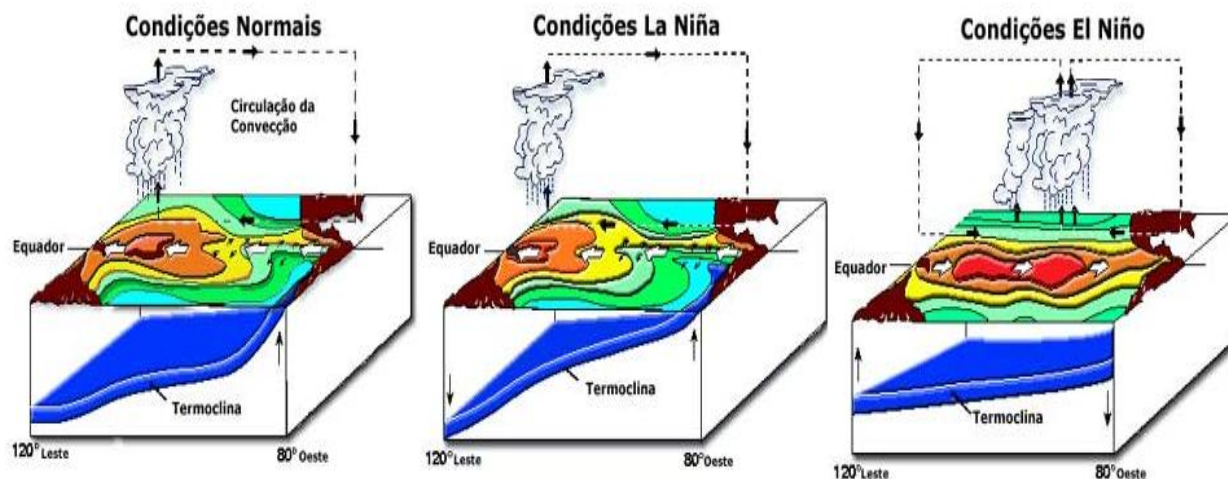
Segundo o CPTEC (2010), o sistema climático da Terra é formado da relação pela interação entre a superfície dos oceanos e a baixa atmosfera adjacente a ele. Os processos de troca de energia e umidade entre os mesmos determinam o comportamento do clima, logo, as alterações destes processos podem afetar o clima regional e global. Daí a importância desses dois efeitos que ocorrem no Oceano Pacífico Equatorial, onde os mesmos modificam as interações naturais oceano-atmosfera.

Sendo assim, o El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. É, portanto, um fenômeno atmosférico-oceânico que pode afetar o clima em escala regional (águas quentes, mudanças na atmosfera próxima a superfície do oceano, devido o enfraquecimento dos ventos alísios - que sopram de leste para oeste na região equatorial) e global por meio de modificações que o mesmo pode provocar nos padrões dos ventos. Dessa forma, com o aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, há mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, que implicam em mudanças nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo, também são observados aumento ou queda de temperatura. Na região de interesse para o presente estudo, Norte do Brasil, os impactos que o El Niño provoca são a diminuição das precipitações e ocorrências de secas (CPTEC, 2010; Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

A La Niña, também representa um fenômeno oceânico-atmosférico, porém com características opostas ao El Niño. Caracteriza-se por um resfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Alguns de seus impactos tendem a ser opostos aos do El Niño. É importante destacar que uma região afetada pelo El Niño pode ter os seus impactos reduzidos pela La Niña.

Em condições normais, devido os ventos alísios, o acúmulo de águas ocorre no Pacífico Equatorial Ocidental, onde as águas são mais quentes, além da ocorrência da ressurgência, que faz com que as águas das camadas inferiores do Oceano, junto à costa oeste da América do Sul aflorem, trazendo nutrientes. Esse é o mecanismo normal sem a presença do El Niño ou La Niña. Ao contrário do que ocorre no El Niño, no La Niña os ventos alísios são intensificados e as águas ficam represadas no Pacífico Equatorial Oeste, e os desníveis entre o Pacífico Ocidental e Oriental aumentam. Dessa maneira, as águas mais quentes irão ficar represadas mais a oeste do que o normal e, portanto, essas águas irão gerar evaporação e, conseqüentemente, movimentos ascendentes que, por sua vez, geram nuvens de chuva e geram a célula de Walker que, em anos de La Niña, ficam mais alongadas que o normal. Os impactos desse efeito na região Norte do Brasil são o aumento das precipitações e das vazões dos rios (CPTEC, 2010).

Para entender melhor os fenômenos, observe a Fig. 7, onde são esquematizadas as condições normais, condições La Niña e condições El Niño, onde as fontes, citadas no texto, foram feitas por INPE / CPTEC.



A célula de circulação com movimentos ascendentes no Pacífico Central/Ocidental e movimentos descendentes no oeste da América do Sul e com ventos de leste para oeste próximos à superfície (ventos alísios, setas brancas) e de oeste para leste em altos níveis da troposfera é a chamada célula de Walker. No Oceano Pacífico, pode-se ver a região com águas mais quentes represadas pelas cores avermelhadas e mais frias pelas cores azuladas. Pode-se ver também a inclinação da termoclina, mais rasa junto à costa oeste da América do Sul e mais profunda no Pacífico Ocidental. Figura gentilmente cedida pelo Dr. Michael McPhaden do Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL)/NOAA, Seattle, Washington, EUA.

Com a maior intensidade dos ventos alísios as águas mais quentes ficam represadas mais a oeste do que o normal. As águas mais quentes geram evaporação e movimentos ascendentes, que por sua vez geram nuvens de chuva e que geram a célula de Walker, que em anos de La Niña fica mais alongada que o normal. A região com grande quantidade de chuvas é do nordeste do Oceano Índico à oeste do Oceano Pacífico passando pela Indonésia, e a região com movimentos descendentes da célula de Walker é no Pacífico Equatorial Central e Oriental. Os movimentos descendentes da célula de Walker no Pacífico Equatorial Oriental ficam mais intensos que o normal o que inibe a formação de nuvens de chuva. Fonte: O El Niño e Você - o fenômeno climático - Gilvan Sampaio de Oliveira Editora Transtec - São José dos Campos (SP), março de 2001.

Padrão de circulação observada em anos de El Niño na região equatorial do Oceano Pacífico. Nota-se que os ventos em superfície, em alguns casos, chegam até a mudar de sentido, ou seja, ficam de oeste para leste. Há um deslocamento da região com maior formação de nuvens e a célula de Walker fica bipartida. No Oceano Pacífico Equatorial podem ser observadas águas quentes em praticamente toda a sua extensão. A termoclina fica mais profunda junto à costa oeste da América do Sul principalmente devido ao enfraquecimento dos ventos alísios. Figura gentilmente cedida pelo Dr. Michael McPhaden do Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL)/NOAA, Seattle, Washington, EUA.

Figura 7 – Esquema das condições normais e anormais no Oceano Pacífico Equatorial.

Fonte: Adaptado de INPE / CPTEC (2010).

Diante do cenário descrito, resta observar os anos de ocorrência do El Niño e La Niña (Tab.1) para verificar se os mesmos interferiram nas ocorrências de incidência solar durante os anos de estudo. No entanto, é importante destacar que as observações feitas nas condições dos regimes de chuvas e brilho solar não se devem, exclusivamente, aos fenômenos em questão.

Destaca-se, novamente, que o El Niño provoca a redução das precipitações e causa seca no Norte do Brasil e que o efeito da La Niña na região é o inverso. Lembrando que, o aumento ou diminuição das precipitações interferem nas horas de brilho solar, juntamente com todas as condições climáticas de Belém já discutidas anteriormente.

Na Fig. 8, têm-se relacionados o brilho solar e as precipitações, onde os anos em que ocorreram o El Niño e La Niña encontram-se destacados. A partir de então, todos os dados e resultados mencionados estarão relacionados à Fig. 8 e à Tab. 1.

É sabido que o El Niño ocorreu com maior intensidade nos anos de 1982-83 e 1997-98. Assim, verificou-se que os totais precipitados (3.040,1mm) em 1982 estiveram bem próximos da média anual (3.027,9 mm) da série, ou seja, ainda assim choveu acima da média, o que implicou em um brilho solar (2.295,9 horas) abaixo da média anual. Já no ano de 1983, a série teve o menor valor para a precipitação (2.187,6 mm), o que indica que, possivelmente, este ano foi bem mais afetado pelo El Niño, embora nesse mesmo ano também tenha ocorrido a La Niña, porém a mesma não diminuiu o impacto causado pelo El Niño na região, provavelmente por ser de categoria fraca e o El Niño de categoria forte. Sendo assim, o brilho solar nesse ano (2.421,7 horas) ficou acima da média anual de 2.360 horas.

No ano de 1997, as precipitações estiveram abaixo da média. O total precipitado foi de 2.576,1 mm, o que implicou em uma insolação acima da média (2.526,5 horas). Em 1998 ocorreram os dois fenômenos, sendo a La Niña de categoria moderada, e os impactos observados, ao contrário do que ocorreu em 1983, foram menores sobre as precipitações (lembrando que o impacto do El Niño pode ser reduzido pela La Niña). Isso fez com que as precipitações (2.901 mm), embora abaixo da média, estivessem bem próximas da média anual, o que pode ter causado uma insolação

(2.418,4 horas) menor do que a observada no ano 1997, porém, ambas as insolações, permaneceram acima da média anual.

Um dos episódios mais intensos da La Niña ocorreu nos anos de 1988/89. Relacionando esses dois anos com a série em questão, verifica-se que neles ocorreram as maiores precipitações anuais, respectivamente, 3.687,7 mm e 3.890 mm. Sendo que, no ano de 1988 também ocorreu o El Niño, mas de categoria fraca, e o mesmo influenciou para que a precipitação fosse menor nesse ano do que em 1989. Nota-se que, com isso, o brilho solar ficou abaixo da média de insolação, sendo os mesmos de 2.224,2 horas e 2.191,7 horas, respectivamente, para os anos de 1988 e 1989. Mas, ainda assim, foram maiores do que a menor insolação (2.071,8 horas em 1984) registrada no período de estudo, onde se observa a ocorrência da La Niña nesse ano de menor insolação (1984), porém de categoria fraca.

Outro fator a ser destacado é o ano de 2000, onde se obteve as maiores horas de insolação (2.686,6 horas), embora tenha ocorrido também a La Niña, dessa vez, de categoria moderada. Isso leva à conclusão, como já explicado, que outros fatores também interferiram no clima local como, por exemplo, a nebulosidade e a umidade do ar, dentre outros.

Tabela 1 – Anos de ocorrência do El Niño e La Niña.

Fonte: Adaptado de INPE / CEPTEC (2010).

El niño		La niña	
1877 - 1878	1888 - 1889	1886	1903 - 1904
1896 - 1897	1899	1906 - 1908	1909 - 1910
1902 - 1903	1905 - 1906	1916 - 1918	1924 - 1925
1911 - 1912	1913 - 1914	1928 - 1929	1938 - 1939
1918 - 1919	1923	1949 - 1951	1954 - 1956
1925 - 1926	1932	1964 - 1965	1970 - 1971
1939 - 1941	1946 - 1947	1973 - 1976	1983 - 1984
1951	1953	1984 - 1985	1988 - 1989
1957 - 1959	1963	1995 - 1996	1998 - 2001
1965 - 1966	1968 - 1970	2007 - 2008	-
1972 - 1973	1976 - 1977		
1977 - 1978	1979 - 1980		
1982 - 1983	1986 - 1988		
1990 - 1993	1994 - 1995		
1997 - 1998	2002 - 2003		
2004 - 2005	2006 - 2007		
2009 - 2010	-		
Legenda:	Forte	Legenda:	Forte
	Moderada		Moderada
	Fraco		Fraco

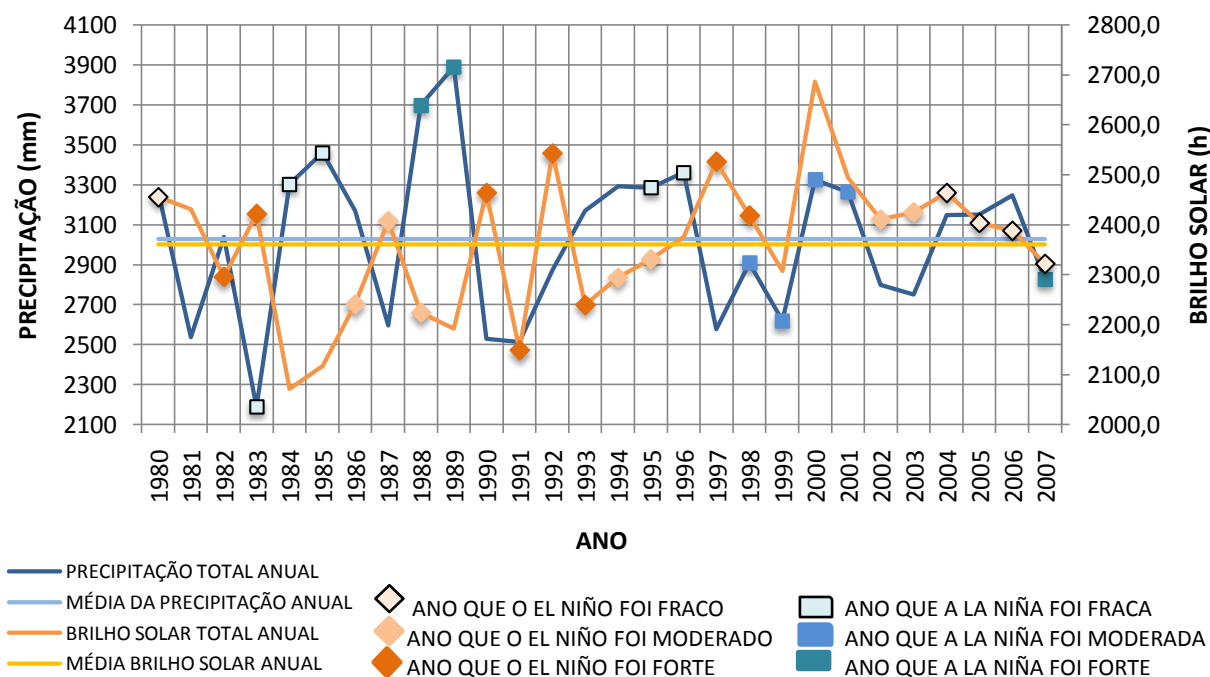


Figura 8 – Relação entre o brilho solar (BS), precipitação pluviométrica, El Niño e La Niña.

5. CONCLUSÕES

No que se refere ao brilho solar, pode-se afirmar que a precipitação pluviométrica e a umidade relativa do ar são variáveis de interferência significativa no regime de insolação em Belém. Isso ficou evidenciado ao se relacionar as variáveis climáticas.

Dentro do período chuvoso (úmido) e menos chuvoso (seco) a média mensal de brilho solar é, respectivamente, cerca de 148,7 h e 244,8 h.

Pode-se verificar que, no período úmido, o mês de fevereiro apresenta os menores valores de insolação (107,7 h). No período seco, o mês de agosto mostra os maiores valores de brilho solar (268,4 h).

As variações de insolação ocorridas durante os anos flutuaram em torno da média total anual de 2.360 h, com mínima de 2.071,8 h (1984) e máxima de 2.686,6 h (2000). A insolação média mensal diária foi de 6,44h, com máxima no mês de agosto (8,5 horas) e mínima no mês de fevereiro (3,82 horas).

Apesar da sazonalidade climática em Belém, a Radiação Solar se constitui em uma boa alternativa para o aproveitamento energético na cidade. Tendo uma radiação média mensal observada para 1987 de 4,97 kWh/m².

Após a compreensão do que representam os fenômenos El Niño e La Niña e de suas respectivas ocorrências no período estudado, verificou-se que nos anos em que o El Niño foi de forte intensidade, a insolação atingiu, em sua maioria, valores elevados comparados à média total anual (2.360 h). Nos anos em que o La Niña apresentou forte intensidade, observou-se que a precipitação total anual alcançou, em sua maioria, valores muito superiores aos seus valores médios, o que contribuiu para a redução considerável de insolação.

A utilização da energia solar em Belém se constitui em uma boa opção para a produção de energia elétrica, sendo uma alternativa para o seu uso no aquecimento de água em hotéis, edifícios, hospitais, dentre outros, não somente em Belém, mas em toda a Região Metropolitana e, até mesmo, como complemento da energia elétrica convencional, garantindo a economia e o uso sustentável dos recursos hídricos da região, que são responsáveis pelo abastecimento do Norte, Sudeste e Nordeste. Lembrando que o Sol é uma fonte de energia inesgotável e sua captação e transformação em outras fontes de energia não representa grandes impactos ao meio ambiente tanto quanto às hidrelétricas da região.

REFERÊNCIAS

- Aneel. Atlas de energia elétrica no Brasil. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2010.
- Aneel. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. ed. Brasília : ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1687>. Acesso em 17 mai. 2010.
- Anjos, Bernadete Lira dos. Os episódios do El niño de 1997/98 e La Niña de 1998/99 e as configurações da precipitação e insolação na cidade de Teresina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2002. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/index.php>>. Acesso em: 27 jul. 2010.
- Bastos, Therezinha Xavier et al. Aspectos Climáticos de Belém nos últimos Cem anos. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.
- Brito, Sergio de Salvo. Energia, economia, meio-ambiente: as fontes renováveis de energia no Brasil. Revista Brasileira de Energia. Itajubá, v. 1, n 3. 1990. Disponível em: <<http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/3/>>. Acesso em: 13 mar. 2010.
- Cardoso, Prysly Pereira de Souza; Portilho, Viviane Andrade. Variabilidade das precipitações pluviométricas em Belém no período de 1990 a 2008. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. Anais... Recife: ABES, 2009. 1 CD ROM.
- Cptec. El Niño e La Niña. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 22 mar. 2010.
- Cresesb. Energia solar: princípios e aplicações. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2010.
- Custódio, Maria de Souza et al. Insolação no rio grande do sul: climatologia e impactos do El Niño e La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/index.php>>. Acesso em: 27 jul. 2010.
- Costa, Antônio Carlos Lôla et al. Estudo da variabilidade horária do brilho solar na cidade de Belém – Para. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7., 1992, São Paulo. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1992. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/index.php>>. Acesso em: 27 jul. 2010.
- Conceição, Marco Antônio Fonseca; Mandelli, Francisco. Estimativa diária da radiação solar incidente com base no número de horas de brilho solar para a região de Bento Gonçalves, RS. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 12. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/boletim/bop012.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2010.
- Dal Pai, Alexandre. Contagem de números de horas de brilho solar para estações primavera e outono por meio de processamento de imagens digitais. Tékhne & Lógos - Revista da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Botucatu SP, v. 1, n. 1, p. 103-119, out. 2009. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/ojs/index.php/RevTec>>. Acesso em 26 jul. 2010.

- Donelas, Karla Daniele e Silva et al. Coeficientes médios da equação de Angström-Prescott, radiação solar e evapotranspiração de referência em Brasília. *Pesq. Agropec. bras.* v. 41, n. 8, ago. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n8/31695.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2010.
- Embrapa Amazônia Oriental. Boletins e anuários agrometeorológicos. Belém: EMBRAPA, 1980- 2007 (Documentos).
- Guimarães, Ana Paula Cardoso. Estimativa de parâmetros da camada atmosférica para cálculos da irradiação solar incidente na superfície terrestre. 2003. 162 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Mecânica) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. <Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/teses_doutorado/200301_guimaraes_a_p_c_dr.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2010.
- Mendonça, Francisco; Danni-Oliveira, Inês Moresco. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- Mota, Maria Aurora Santos da et al. Variação espacial da precipitação em Belém em ano de El Nino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/index.php>>. Acesso em: 27 jul. 2010.
- Prado JR, Fernando A. Almeida et al. Riscos regulatórios no Brasil: obstáculo ao desenvolvimento de novas pequenas centrais hidroelétricas. *Revista Espaço e Energia*, Paraná, v. 9, n. 3, artigo 1, out. 2008. Disponível em: <<http://www.espacoenergia.com.br/9.htm>>. Acesso em: 16 mar. 2010.
- Pereira, Enio Bueno et al. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <<http://sonda.cptec.inpe.br/publicacoes/index.html>>. Acesso em: 26 jul. 2010.
- Silva, Ennio Peres da et al. Possibilidades do uso de fontes renováveis de energia em Manaus. *Revista Brasileira de Energia*, Itajubá, v. 6, n 2, jul./dez. 1997. Disponível em: < <http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/13/>>. Acesso em: 13 mar. 2010.
- Santos, Ronaldo A. et al. Estimativa da radiação solar global diária em Ilha Solteira, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 32., 2003, Goiânia. UNESP... Goiânia: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br>>. Acesso em: 20 jul. 2010.
- Teixeira, Wilson et al. Recursos energéticos e meio ambiente. In: TAIOLI, Fabio (Org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia editora Nacional, 2009. p. 490.
- Teixeira, Antônio Heriberto de Castro et al. Radiação solar global e insolação no município de Juazeiro-Ba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. Anais.. Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2002. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/index.php>>. Acesso em: 27 jul. 2010.
- Teixeira, Antonio Heriberto de Castro. Relação entre radiação solar global e insolação no município de Petrolina-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 1999. 1 CD ROM.
- TIBA, Chigueru. Novos coeficientes de angstrom para a estimação da radiação solar no Nordeste do Brasil. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. *Proceedings online...* Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br>>. Acesso em: 20 Jul. 2010.
- Varella, Fabiana Karla de Oliveira Martins; Cavaliero, Carla Kazue Nakao; SILVA, Ennio Peres da. Energia solar fotovoltaica no Brasil: incentivos regulatórios. *Revista Brasileira de Energia*, Itajubá, v. 14, n 1, p. 9-22, jul./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/26/>>. Acesso em: 13 mar. 2010.

EVALUATION OF HISTORICAL SERIES OF BRIGHT SOLAR AND ITS RELATION WITH CLIMATOLOGICAL VARIABLES IN BELÉM/PA: ENERGY DEVELOPMENT PERSPECTIVE

Abstract. *The present paper analyze the historical series of sunshine in Belém /Pa in the period 1980 to 2007. It also makes a link between sunshine with the climatic variables (precipitation, relative humidity and temperature) and natural phenomena La Niña and El Niño. Aiming to meet the fluctuations observed along the series, as well as those variables that most interfere in the conditions of heatstroke. For this, samples were taken at the station of EMBRAPA Eastern Amazon, located at coordinates: latitude 01 ° 28 '(s), longitude 48 ° 27' WGr and altitude of 12 meters, beyond literature review on climatological issues of Belém and natural phenomena, as well as their years of occurrence. From the results, it is concluded that rainfall and relative humidity are the variables that influence the most in the scheme of heat stroke. During the wet period of Belém the month of February has the lowest values of insolation (107.7 hours). In the dry, the month of August shows the highest values of sunshine (268.4h). The heatstroke fluctuated around the average annual total of 2360 h, with a minimum of 2071.8h and maximum 2686.6h. That for a monthly average daily insolation of 6.44h with maximum in August (8.5h) and minimum in February (3.82h). In years when El Niño was a high intensity heat stroke hit, mostly elevated values compared to the average annual total. In years when the La Niña had intensive, it was observed that the total rainfall reached, in most cases, values well above the annual average, which contributed to the considerable reduction of heat stroke. Despite the seasonal climate in Belem, the Solar Radiation constitutes a good alternative to the use of energy in the city. Having a radiation observed for 1987 monthly average of 4.97 kWh / m².*

Keywords: *Belém/PA. Historical Data. Solar Flare. Energy Utilization*